

**ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ СВЯЗИ СТЕКЛОПЛАСТИКОВОЙ АРМАТУРЫ С БЕТОНОМ В
ПРОЦЕССЕ ЗАМОРАЖИВАНИЯ-ОТТАИВАНИЯ ПО ПАРАМЕТРАМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО
ОТКЛИКА НА ИМПУЛЬСНОЕ МЕХАНИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ**

М.В. Петров, Т.В. Фурса, Д.Д. Данн

Научный руководитель: д.т.н. Т.В. Фурса

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: max11-92@bk.ru

**THE EVALUATION OF BOND STRENGTH BETWEEN CONCRETE AND GFRP BARS IN THE
FREEZE-THAW PROCESS BY THE PARAMETERS OF ELECTRIC RESPONSE UNDER IMPACT
EXCITATION**

M.V. Petrov, T.V. Fursa, D.D. Dann

Scientific Supervisor: Dr. Sci. T.V. Fursa

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin Ave., 30, 634050

E-mail: max11-92@bk.ru

***Abstract.** The paper proposes a contactless method for assessing the durability of the bond between glass fibre-reinforced polymer rebar and concrete under cyclic freeze-thaw conditions. The method is based on measuring the electric response to mechanical impact. The results of the theoretical and experimental studies of the electric response parameters under changing conditions of the rebar-concrete interface are presented.*

Конструкции из армированного бетона эксплуатируются в условиях воздействия значительных сезонных колебаний температуры и влажности. Увеличивающаяся распространенность стеклопластиковой арматуры (СПА) является результатом ее устойчивости к коррозии и высокого соотношения прочности к весу по сравнению с обычной стальной арматурой. Тем не менее, из-за разницы между поперечными коэффициентами теплового расширения СПА и бетона, при повышении температуры возникает радиальное давление, создаваемое в зоне контакта СПА с бетоном, вызывающее растягивающие напряжения в бетоне. Эти напряжения могут вызвать уменьшение прочности связи СПА с окружающим бетоном.

В настоящее время нет достаточно простых и надежных методов определения повреждений, происходящих в конструкциях из армированного бетона. Поэтому существует необходимость разработки новых методов контроля с целью обеспечения безопасной эксплуатации инженерных конструкций и сооружений.

Для оценки повреждений в бетоне разрабатывается метод, основанный на использовании характеристик электрического отклика, возникающего в бетоне при импульсном механическом воздействии [1]. Данная работа является продолжением этих исследований и посвящена поиску диагностических критериев оценки прочности связи арматуры с бетоном.

Экспериментальные исследования выполнены с помощью аппаратно-программного комплекса, который позволяет производить однократный нормированный по силе удар по объекту исследования и

регистрировать электрический отклик. Более подробно методика проведения исследований приведена в работе [2]. Для обработки полученных данных используются стандартная программа Origin и специальные программы, разработанные в среде программирования LabView.

Для проведения исследований было изготовлено 15 лабораторных моделей тяжелого бетона размером 100x100x100 мм, армированного стеклопластиковой и стальной арматурой. Изготовление образцов бетона производилось согласно ГОСТ 7473-2010.

Перед проведением климатических испытаний образцы были замочены в воде. Было проведено 8, 14 и 18 циклов замораживания-оттаивания. Замораживание производилось в условиях климатической камеры при температуре минус 40 °С, а оттаивание в универсальной камере при температуре (20±5) °С и влажности 95 %. Для сравнительного анализа 3 образца не подвергались климатическим испытаниям и хранились в комнатных условиях. Было проведено по 16 измерений электрического отклика из каждого образца. Измерения производились с частотой дискретизации 1 МГц.

Интерпретация измеренных сигналов в частотной области была выполнена с использованием спектральной плотности мощности. На рисунке 1 приведена двумерная картина, иллюстрирующая характер изменения нормализованной спектральной плотности мощности, в процессе циклического замораживания-оттаивания армированного бетона.

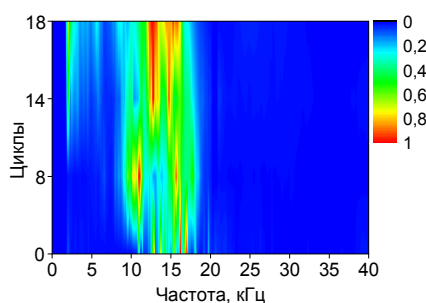


Рис. 1. Карта нормализованной спектральной плотности мощности электрического сигнала в процессе циклического замораживания-оттаивания армированного бетона

Как видно из рисунка увеличение циклов замораживания-оттаивания приводит к формированию в спектре мощности электрического отклика значимых спектральных пиков в области более низких частот.

В процессе циклического замораживания-оттаивания в образце бетона начинают формироваться трещины. Рассеяние упругих волн на трещинах отражает процесс затухания от времени. Для определения коэффициента затухания энергии электрического сигнала из образцов бетона в зависимости от количества циклов замораживания-оттаивания использован частотно-временной анализ, как это описано в работе [3]. На рисунке 2 приведен график зависимости коэффициента затухания энергии электрического отклика от количества циклов замораживания-оттаивания.

Определение прочности сцепления арматуры с бетоном было проведено путем процедуры выдавливания. Образец армированного бетона устанавливался на металлическую подставку высотой 1,5 см с отверстием в центре. Образец с подставкой помещался на нижнюю плиту пресса, в ее центр. Нагружение производилось с постоянной скоростью, равной 0,2 кН/с. В процессе нагружения производилось выдавливание арматуры из образца в отверстие в подставке. Из полученных результатов была рассчитана прочность контакта стеклопластиковой арматуры с бетоном (R) по формуле:

$$R = \frac{P}{\pi dl}$$

Где P – максимальная нагрузка до начала процесса разрушения контакта, d – диаметр арматуры, l – размер контактной зоны по высоте.

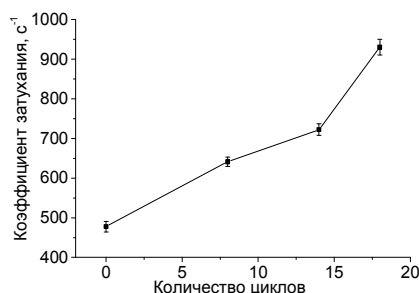


Рис. 2. Изменение коэффициентов затухания энергии электрических откликов в зависимости от количества циклов замораживания-оттаивания

На рисунке 3 представлена зависимость коэффициента затухания энергии электрических откликов от прочности контакта, хорошо описываемая линейной зависимостью.

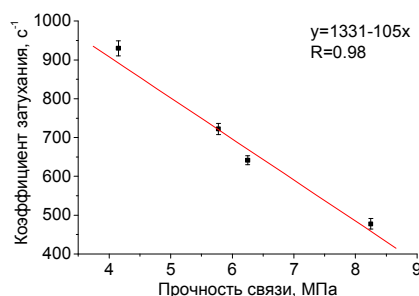


Рис. 3. Зависимость коэффициента затухания энергии электрических откликов от прочности связи арматуры с бетоном

Проведенные исследования показывают, что снижение прочности связи арматуры с бетоном приводит к изменению спектрального состава откликов. При нарушении контактной зоны наблюдается смещение спектра электрического сигнала в низкочастотную область. В спектре появляются дополнительные составляющие в низкочастотной и высокочастотной области.

Коэффициент затухания энергии электрического отклика хорошо коррелирует с изменением прочности связи арматуры к бетону и может быть использован в качестве диагностического критерия для неразрушающего контроля.

Работа выполнена в рамках Государственного задания «Наука».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Fursa TV, Osipov KYu, Dann DD. Development of a Nondestructive Method for Testing the Strength of Concrete with a Faulted Structure Based on the Phenomenon of Mechanoelectric Transformations // Russian Journal of Nondestructive Testing. – 2011. – Т. 47. – № 5. – С. 323–328.
2. Fursa T.V., Osipov K.Yu., Lyukshin B.A. and Utsyn G.E. The development of a method for crack-depth estimation in concrete by the electric response parameters to pulse mechanical excitation // Measurement Science and Technology. – 2014. – Т. 25. – №5. – 055605.
3. Quiviger A, Payan C, Chaix JF, Garnier V, Salin J. Effect of the presence and size of a real macro-crack on diffuse ultrasound in concrete // NDT & E International. – 2012. – Т. 45. – С. 128–132.